

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nl gungsschrift
11 DE 3814466 A1

51 Int. Cl. 4:
G01B 11/27

21 Aktenzeichen: P 38 14 466.2
22 Anmeldetag: 28. 4. 88
43 Offenlegungstag: 9. 11. 89

Behördenstempel

DE 3814466 A1

71 Anmelder:

Prüftechnik Dieter Busch + Partner GmbH & Co,
8045 Ismaning, DE

74 Vertreter:

Hieke, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8013 Haar

72 Erfinder:

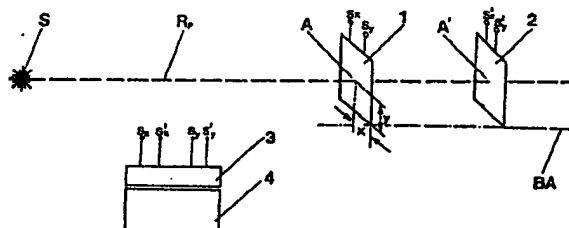
Lysen, Heinrich, Ing.(grad.), 8000 München, DE;
Busch, Dieter, Ing.(grad.), 8045 Ismaning, DE

66 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 34 08 437 C2
DE 37 10 068 A1
DE 32 16 053 A1
DE 28 47 718 A1
US 38 16 000

54 Verfahren und Vorrichtung zum Feststellen der relativen Lage einer Bezugsachse eines Objekts bezüglich eines Referenzstrahls, insbesondere eines Laserstrahls

Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung angegeben, die es ermöglichen, die relative Lage einer Bezugsachse eines Objekts bezüglich eines Referenzstrahls, insbesondere eines Laserstrahls, festzustellen. In bekannter Weise ist mit dem Objekt BA eine zweiachsige, optoelektronische Detektoreinrichtung starr verbunden, auf die der Referenzstrahl R_p auftrifft und die elektrische Signale liefert, die nach Größe und Vorzeichen dem Abstand entsprechen, den der Auftreffpunkt A von einem Bezugspunkt BA aufweist. Erfindungsgemäß besteht die Detektoreinrichtung aus zwei mindestens virtuell in der Projektionsrichtung des Referenzstrahls R_p hintereinander angeordneten Positionsdetektoren 1, 2, aus deren gesonderten Signalen die relative Lage des Objekts BA bezüglich des Referenzstrahls R_p mittels einer elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung 3, 4 errechnet wird.



DE 3814466 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei einem bekannten Verfahren dieser Art trifft der Referenzstrahl an einer einzigen objektfesten Meßstelle auf einen dort angeordneten zweiachsigen Positionsdetektor. Dieser Positionsdetektor wird nacheinander in zwei Betriebsarten betrieben, und zwar einer ohne vorgeschaltete Optik und einer mit vorgeschalteter Optik. Die Messung ohne Optik erlaubt nur die Feststellung des Abstandes, den die Bezugsachse des Objekts an der Meßstelle von der Referenzstrahlachse aufweist, und liefert keine Information über den Winkel, unter dem der Referenzstrahl auf die Detektorebene auftrifft. Diese zusätzliche Information wird erst in der Betriebsart mit vorgeschalteter Optik gewonnen, die für sich allein wiederum nicht eindeutig erkennen läßt, welchen Abstand die Bezugsachse des Objekts an der Meßstelle von der Referenzstrahlachse hat. Erst die Auswertung beider in den beiden verschiedenen Betriebsarten gewonnenen Meßergebnisse liefert im Ergebnis die gewünschte Aussage über die Lage der Bezugsachse des Objekts bezüglich des Referenzstrahls.

Das bekannte Verfahren ist aus diesem Grunde zeit- und aufwendig und erfordert Manipulationen an der objektseitigen Empfangseinrichtung zwecks Umgestaltung von einer Betriebsart auf die andere (Prospekt "Spindle Alignment Package" von HAMAR INSTRUMENTS, INC., Wilton, Connecticut, U.S.A.). Hierzu kommt, daß die Genauigkeit der nach diesem Verfahren erzielbaren Meßergebnisse nicht befriedigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das es gestattet, ohne die Notwendigkeit von Manipulationen an der objektseitigen Empfangseinrichtung praktisch unverzüglich und jederzeit, also auch laufend, die Lage der Bezugsachse des Objekts bezüglich der Mittelachse des Referenzstrahls festzustellen und dies zudem mit großer Genauigkeit.

Die vorstehende Aufgabe wird durch die im Kennzeichnungsteil des Patentanspruchs 1 genannten Merkmale gelöst.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden auf einfache Weise an zwei objektfesten Meßstellen, die sich in der Projektionsrichtung der Strahlungsquelle mindestens virtuell im Abstand hintereinander befinden, gleichzeitig Signale gewonnen, die den Koordinaten des jeweiligen Abstandes entsprechen, den der Auftreffpunkt des Referenzstrahls in der Detektorebene des zugehörigen Positionsdetektors von einem vorgegebenen Bezugspunkt in dieser aufweist, wobei die Lage der Bezugspunkte bezüglich der Bezugsachse des Objekts bekannt ist. Die so an zwei im Abstand befindlichen Meßstellen ermitteln insgesamt vier Koordinaten sind hinreichend, um mittels der elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung die Lage der Bezugsachse des Objekts bezüglich des Referenzstrahls im Hinblick auf vier Freiheitsgrade, nämlich die Parallelversatzkomponenten in zueinander senkrecht n Ebenen und damit in dem dem Referenzstrahl zugeordneten Meßraum und den Winkelversatz in zwei zueinander senkrechten Ebenen und damit im Meßraum, errechnen zu können. Die beiden beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Einsatz gelangenden Positionsdetektoren liefern die den vier Koordinaten entsprechenden Signale laufend, ohne daß irgendwelche manipulativen Umgestaltungen an der objektseitigen Empfangseinrichtung vorgenommen

werden müssen.

Vorzugsweise werden gemäß Anspruch 2 die Positionsdetektoren so auf dem Objekt angeordnet, daß ihre Detektorebenen, ggf. virtuell, zum primären Referenzstrahl senkrecht stehen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auf einfache Weise auch noch auf die Überwachung zweier weiterer Freiheitsgrade des Objekts dadurch erweitert werden, daß gemäß Anspruch 3 die Strahlungsquelle unter einem Winkel zum primären Referenzstrahl noch einen weiteren, sekundären Referenzstrahl so aussendet, daß dieser ebenfalls durch die Detektorebenen der beiden Positionsdetektoren auftrifft. Die beiden weiteren überwachten Freiheitsgrade sind die Distanz der beiden objektfesten Meßstellen in der Projektionsrichtung des primären Referenzstrahls von dem Strahlender, worin auch die Distanz zwischen den Meßstellen, falls unbekannt, eingeschlossen ist, sowie die Winkelposition der Detektorebenen und damit des Objekts bezüglich des Referenzstrahls, d. h. der Drehwinkel um diesen.

Die Ansprüche 4 bis 6 betreffen vorzugsweise Ausgestaltungen des Verfahrens nach den Patentansprüchen 1 bis 3.

Die Erfindung hat auch eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Gegenstand. Diese Vorrichtung ist in den Patentansprüchen 7 bis 12 gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigt jeweils schematisch

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung eine Vorrichtung gemäß der Erfindung, wobei das Objekt nur durch seine ihm gegenüber festliegende Bezugsachse angedeutet ist, die in Fig. 1 zum Referenzstrahl parallel liegt,

Fig. 2 in schematischer Darstellung die Vorrichtung nach Fig. 1 mit einer gegenüber dem Referenzstrahl anderen Position des Objekts als in Fig. 1,

Fig. 3 in perspektivischer Darstellung eine gegenüber Fig. 1 abgewandelte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung in der gleichen Lage des Objekts bezüglich des primären Referenzstrahls wie in Fig. 1,

Fig. 4 in Ansicht von der Seite eine weitere Abwandlung der Vorrichtung nach Fig. 1, bei der sich eine der beiden Meßstellen anders als bei den Ausführungen nach Fig. 1 bis Fig. 3 nicht körperlich sondern virtuell in der Projektionsrichtung des primären Referenzstrahls befindet,

Fig. 5 in perspektivischer Darstellung nähere Einzelheiten einer praktischen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die die prinzipiellen Varianten gemäß Fig. 3 und Fig. 4 kombiniert, und

Fig. 6 einen bei allen Ausführungen verwendbaren Positionsdetektor.

Bei allen in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sendet eine raumfeste Strahlungsquelle S mit geringer Divergenz einen primären Referenzstrahl einer elektromagnetischen Strahlung in Form eines Laserstrahls R_p in solcher Richtung aus, daß dieser auf zwei körperlich (Fig. 1—Fig. 3) oder mindestens virtuell (Fig. 4 und Fig. 5) in seiner Projektionsrichtung im Abstand hintereinander angeordnete, in der Zeichnung schematisch durch Rechtecke wiedergegebene zweiachsige, optoelektronische Positionsdetektoren 1, 2 auftritt, die starr an einem Objekt befestigt sind, das eine feste Bezugsachse BA aufweist, deren Lage bezüglich des primären Referenzstrahls R_p festzustellen ist. Von dem Objekt ist, da es auf dessen Einzelheiten nicht ankommt, nur dessen

Bezugsachse BA wiedergegeben.

Die Positionsdetektoren 1, 2 liefern elektrische Signale, die der Größe und dem Vorzeichen i. w. zueinander senkrechter, nur in Fig. 1 und 2 eingetragener Koordinaten x und y (Detektor 1) bzw. x' und y' (Detektor 2) des Abstandes entsprechen, den der jeweilige Auftreffpunkt A, A' des primären Referenzstrahls R_p in der Detektorebene von einem Bezugspunkt BP in dieser aufweist. Die Lage der Bezugspunkte BP in der Detektorebene ist nach praktischen meßtechnischen Voraussetzungen willkürlich wählbar aber von vornherein festgelegt, also bekannt. Bei den der Erläuterung der prinzipiellen Funktionsweise dienenden Fig. 1—Fig. 3 liegen die Bezugspunkte BP darstellungshalber jeweils an der unteren vorderen Ecke der Positionsdetektoren 1 und 2, wobei ihre Verbindungslinie mit der objektfesten Bezugsachse BA zusammenfällt.

Die Anordnung der Positionsdetektoren 1 und 2 gemäß Fig. 1 bis Fig. 3 körperlich hintereinander setzt voraus, daß der vordere Positionsdetektor für den primären Referenzstrahl R_p zumindest teilweise durchlässig ist. Dies ist technisch z. Zt. nicht einfach zu realisieren. Bei den Ausführungen gemäß Fig. 4 und 5 ist die Verwendung gewöhnlicher, lichtundurchlässiger Positionsdetektoren und die weiter unten noch näher erläuterte, lediglich virtuelle Anordnung eines der beiden Positionsdetektoren in der Projektionsrichtung des primären Referenzstrahls R_p vorgesehen.

Die Positionsdetektoren 1 und 2 sind hier an dem die Bezugsachse BA aufweisenden Objekt so angeordnet, daß ihre Koordinatenachsen, ggf. virtuell, in der Projektionsrichtung des primären Referenzstrahls R_p fluchten.

Bei der in Fig. 1 zu sehenden Position der Bezugsachse BA haben die Auftreffpunkte A, A' des primären Referenzstrahls R_p bei jedem der Positionsdetektoren 1, 2 von dem jeweiligen Bezugspunkt BP nach Größe und Richtung den gleichen Abstand, so daß auch die Koordinate x der Koordinate x' und die Koordinate y der Koordinate y' entspricht und die Detektoren entsprechende Signale S_x, S_x', S_y, S_y' über einen passenden Signalwandler 3 an die Datenverarbeitungseinrichtung z. B. in Form eines handelsüblichen Computers liefern. Dieser Computer errechnet aus den Signalen nach Parallelversätzen und Gier- und Stampf-Winkelversatz getrennt oder nach anderen Kriterien die relative Lage der Bezugsachse BA des Objekts bezüglich des primären Referenzstrahls R_p sowie Werte für an vorgegebenen Montagepunkten des Objekts vorzunehmende Korrekturen zur Beseitigung eines korrekturbedürftigen Versatzes.

Die Anschlüsse S_x, S_y, S_x' und S_y' sowie der Computer 4 mit seinem Datenwandler 3 sind nur in Fig. 1 schematisch angedeutet, aber selbstverständlich auch bei den anderen Figuren mit gleicher Zweckbestimmung vorgehen.

Die Fig. 2 unterscheidet sich gegenüber der Fig. 1 durch eine andere relative Lage der Bezugsachse BA bezüglich des primären Referenzstrahls R_p , die sich durch Änderung der Lage des Objekts im Meßraum aus irgendwelchen Gründen, z. B. durch betriebsbedingte Beanspruchungen einer das Objekt bildenden Maschine, ergeben haben kann. Mit der Änderung der Lage der Bezugsachse BA hat sich auch die Lage der Positionsdetektoren 1 und 2 bezüglich des Referenzstrahls R_p und damit die Lage des jeweiligen Auftreffpunktes auf der Detektorebene geändert. Die Lageänderung ist in Fig. 2 vorwiegend eine Änderung der Winkellage. Selbstverständlich könnte es sich auch um einen reinen Parallel-

versatz, also eine gleichmäßige Abstandsänderung der Bezugsachse BA bezüglich des primären Referenzstrahls R_p oder um eine Kombination beider Versatzarten handeln. Es ist auch ersichtlich, daß Winkeländerungen sowohl in der Zeichenebene der Fig. 2 als auch senkrecht dazu, also sowohl ein Gier-Winkelversatz als auch ein Stampf-Winkelversatz, eine Änderung der Lage des Auftreffpunktes A, A' auf mindestens einem der beiden Positionsdetektoren zur Folge hat. Mit einer Lageänderung eines Auftreffpunktes ergeben sich auch durch die damit einhergehende Änderung der Koordinaten x, y bzw. x', y' entsprechende Änderungen der Signale S_x, S_y bzw. S_x', S_y' , die der Computer bei bekannter Distanz der Positionsdetektoren 1 und 2 von der Strahlungsquelle S zu einer entsprechenden Aussage hinsichtlich der Lage der Bezugsachse BA im Meßraum und entsprechender Korrekturwerte zu bearbeiten vermag.

Bei der Ausführung gemäß Fig. 1 und 2 wird die für den Rechner benötigte Kenntnis der Entfernung der Positionsdetektoren 1 und 2 von der Strahlungsquelle S unabhängig von der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf irgendeine Weise gewonnen.

Demgegenüber eröffnet die Ausführungsform gemäß Fig. 3 die weitere Möglichkeit, diese Kenntnis auch mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu erlangen. Dies ermöglicht die Ausführungsform nach Fig. 3 dadurch, daß zusätzlich zu dem primären Referenzstrahl R_p noch ein sekundärer Referenzstrahl R_s in einem Winkel von der Strahlungsquelle S ausgesendet wird, wobei der Winkel und die Projektionsrichtungen für die beiden Referenzstrahlen so ausgewählt sind, daß unter allen möglichen Lagen der Bezugsachse BA beide Referenzstrahlen auf die Detektorebene mindestens eines der Positionsdetektoren 1 und 2 auftreffen. Es ist ersichtlich, daß bei bekanntem Winkel α zwischen den beiden Referenzstrahlen der jeweilige Abstand der beiden Auftreffpunkte A_s, A_p bzw. A_s', A_p' in der einen bzw. anderen Detektorebene ein Maß für die Distanz des betreffenden Positionsdetektors 1 bzw. 2 von der Strahlungsquelle S ist, also zum einen für die Rechnung benötigte Kenntnis dieser Distanz damit erhalten werden kann und andererseits auch Distanzänderungen der Positionsdetektoren von der Strahlungsquelle S erfassbar sind. Darüber hinaus gestattet die Richtung des Abstandes zwischen den beiden Auftreffpunkten in jeder Detektorebene, die sich in den Koordinaten x und y bzw. x' und y' jedes der beiden Auftreffpunkte ausdrückt, auch eine Aussage über die Winkelposition bzw. über den Drehwinkel der beiden, über das Objekt untereinander starr gekoppelten Detektoren um den primären Referenzstrahl R_p und somit auch die Erfassung von Änderungen dieser Winkellage.

Die Ausführungen gemäß Fig. 1 bis Fig. 3 setzen, wie bereits gesagt, voraus, daß der der Strahlungsquelle S nächstgelegene Positionsdetektor 1 für die Referenzstrahlen mindestens teilweise über die ganze Detektorebene hinweg durchlässig ist. Dies ist bei den Ausführungsformen nach Fig. 4 und 5 nicht nötig. Bei den Ausführungsformen ist jeweils einer der beiden Positionsdetektoren 10, 11, nämlich der Positionsdetektor 11, nur virtuell in Richtung des primären Referenzstrahls R_p seriell angeordnet, körperlich hingegen außerhalb der vom Strahlenden S ausgehenden Projektionsrichtung. Der andere Positionsdetektor, der Positionsdetektor 10, ist körperlich in der vorgenannten Projektionsrichtung verblieben und, wie bei den vorhergehend besprochenen Ausführungsformen, mit seiner Detektorebene zum

5

primären Referenzstrahl R_p im wesentlichen senkrecht angeordnet, wenn die Bezugsachse BA zu diesem parallel ist.

Der andere Positionsdetektor 11 befindet sich an dem Objekt seitlich neben dem primären Referenzstrahl R_p , wobei seine Detektorebene auf derjenigen des Positionsdetektors 10 senkrecht steht und gegenüber der Position gemäß Fig. 1 um eine zur Zeichenebene der Fig. 4 senkrechte Achse gedreht ist.

Bevor der Referenzstrahl R_p den Positionsdetektor 10 erreicht, fällt er auf einen Strahlteiler 12, der aus ihm einen Teilstrahl R_p' abzweigt, der senkrecht auf die Detektorebene des Positionsdetektors 11 einfällt, wenn die Bezugsachse BA zu dem Referenzstrahl R_p parallel liegt. Der Auftreffpunkt A' des Referenzstrahls R_p' entspricht in einer vorgegebenen Fluchtungs-Ausgangsposition hinsichtlich seines Abstandes vom Bezugspunkt BP dem Auftreffpunkt des Referenzstrahls R_p auf den Positionsdetektor 10, so daß praktisch funktionell die gleichen Verhältnisse vorliegen, wie bei der Ausführung nach Fig. 1.

Durch Einschaltung von optischen Linsen 13 vor dem Strahlteiler 12 und/oder vor dem Positionsdetektor 10 und/oder vor dem Positionsdetektor 11 kann jede beliebige virtuelle Anordnung des Positionsdetektors 11 in der von der Strahlungsquelle S ausgehenden Projektionsrichtung des primären Referenzstrahls R_p , also entweder vor oder hinter dem Positionsdetektor 10, erreicht werden, wofür in Fig. 4 mit gestrichelten Linien drei Beispiele angegeben sind.

Durch entsprechende Gestaltung der Linsen 13 ist es auch möglich, die Detektorebenen, von der Strahlungsquelle S her gesehen, zu vergrößern und damit eine Meßbereichsanpassung zu erhalten.

Die Fig. 5 zeigt schematisch eine praktische Ausführungsform einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitenden Vorrichtung gemäß der Erfindung, die sich durch besonders kleine Abmessungen auszeichnet und dennoch wie eine Vorrichtung wirkt, die ihr gegenüber wesentlich größere Detektoren in einem bezüglich ihrer tatsächlichen Abmessungen sehr großen Abstand aufweist und demgemäß einen großen Meßbereich bei großer Winkel-Meßempfindlichkeit hat.

Bei der Ausführung gemäß Fig. 5 sendet die Strahlungsquelle S ebenso wie bei der Ausführung nach Fig. 3 einen primären Referenzstrahl R_p und einen sekundären Referenzstrahl R_s aus. Objektseitig weist die Vorrichtung ein starr an dem Objekt befestigbares Gehäuse 20 auf, in das die beiden Referenzstrahlen durch eine Linse 21 einfallen. Im Gehäuse 20 gelangen sie zunächst auf einen Strahlteiler 22, und die von diesem durchgelassenen Teilstrahlen R_p und R_s fallen direkt auf einen Positionsdetektor 23, der wie der Positionsdetektor 10 gemäß Fig. 4 bezüglich des primären Referenzstrahls R_p ausgerichtet ist.

Die aus den in das Gehäuse 20 einfallenden Referenzstrahlen abgezweigten Teilstrahlen R_p' und R_s' werden zur Erzielung eines besonders großen virtuellen Abstandes zwischen den Positionsdetektoren zunächst vom Strahlteiler 22 schräg nach unten zur Einfallseite hin gespiegelt und dann noch einmal an einem gewöhnlichen Spiegel 24, und sie gelangen erst danach auf den zweiten Positionsdetektor 25, der mit der Detektorebene des Positionsdetektors 23 parallel ist, wobei seine Koordinatenachsen zu denjenigen des Positionsdetektors 23 parallel liegen.

Die Linse 21 ist so gestaltet, daß die Positionsdetektoren

23 und 25 von der Strahlungsquelle S her gesehen als gegenüber ihren tatsächlichen Abmessungen wesentlich größere, in einem bezüglich der Abmessungen im Gehäuse 20 wesentlich vergrößerten Abstand hintereinander angeordnete Detektoren 23', 25' in Erscheinung treten, auf die die Referenzstrahlen in der von der Strahlungsquelle S ausgehenden Projektionsrichtung unmittelbar auftreffen.

Mit der Ausführungsform gemäß Fig. 5 kann bei Abmessungen in der Größenordnung einer Zigarettenschachtel oder sogar kleiner mit größter Präzision die Lage eines Objekts bzw. einer festen Bezugsachse von diesem bezüglich des Referenzstrahls R_p ermittelt werden, und es können Lageänderungen gegenüber einer Ausgangsposition hinsichtlich der folgenden Komponenten gesondert festgestellt werden:

- a) Parallelversatz in allen Richtungen,
- b) Stampfwinkel-Versatz,
- c) Gierwinkel-Versatz, und
- d) Drehwinkel-Versatz.

Außerdem ist mit dieser Vorrichtung auch die Distanz der Detektoren von der Strahlungsquelle S und ein diesbezüglicher Versatz feststellbar.

Da die Positionsdetektoren bei den Ausführungsformen der Vorrichtung gemäß Fig. 3 und Fig. 5 mit Positionsdetektoren gemäß Fig. 6 in unerwünschter Weise hinsichtlich der beiden Auftreffpunkte A in jeder Detektorebene vermischte elektrische Ausgangssignale liefern würde, sendet die Lichtquelle S bei Verwendung solcher oder ähnlicher Detektoren bei diesen Vorrichtungen die Referenzstrahlen R_p und R_s abwechselnd in rascher Folge aus, so daß die Koordinaten der beiden Auftreffpunkte zeitlich nacheinander und damit gesondert als entsprechende elektrische Signale abgreifbar sind.

Die Fig. 6a—6c dienen der Erläuterung der prinzipiellen Wirkungsweise einer bei den Ausführungsformen nach Fig. 1 bis Fig. 5 verwendbaren Bauform eines analogen zweiachsigen photoelektrischen Halbleiter-Positionsdetektors.

Der Positionsdetektor gemäß Fig. 6a—6c weist eine Deckschicht 30 aus Gold, darunter eine Verarmungszone 31 und, wiederum darunter eine hochohmiges Substrat 32 auf, wobei der Gold-Deckschicht 30 ein Strom I_0 zugeführt wird und am hochohmigen Substrat seitlich sowie oben und unten Kontaktstreifen 33 entlang des im wesentlichen quadratischen Querschnitts des Substrats angeordnet sind, über die der zugeführte Strom I_0 in Teilströme aufgeteilt abfließt. Die Aufteilung des Stromes I_0 richtet sich nach der Stelle des Lichteinfalls, mit der ein Lichtstrahl auf die Gold-Deckschicht auftrifft. Bei der dargestellten Bauform wird der zugeführte Strom I_0 in vier Teilströme aufgeteilt, die über die einzelnen Kontaktstreifen 33 abfließen und hinsichtlich ihrer Größe von dem Abstand abhängen, den der Lichtstrahlauftreffpunkt vom Zentrum hat. Wenn der Strahl also genau in die Mitte der mit der Verarmungszone und dem Substrat deckungsgleichen, quadratischen Gold-Deckschicht auftrifft, sind die vier Teilströme untereinander gleich groß. Aus einer eventuellen Stromdifferenz an den in Bezug aufeinander gegenüberliegend eine Paare von Kontaktstreifen 33 sind die rechtwinkligen Komponenten des Abstandes eines außermittigen Lichtstrahl-Auftreffpunktes von der Koordinatenmittlinie ablesbar.

Positionsdetektoren der vorstehend geschilderten

Art sind neben anderen grundsätzlich geeigneten Bauformen bekannt und im Handel erhältlich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feststellen der relativen Lage einer Bezugsachse eines Objekts bezüglich eines von einer Strahlungsquelle mit geringer Divergenz zum Objekt ausgesendeten Referenzstrahls einer elektromagnetischen Strahlung, insbesondere eines Laserstrahls, wobei der Referenzstrahl auf eine mit dem Objekt starr verbundene, zweiachsige, optoelektronische Detektoreinrichtung auftrifft, die elektrische Signale liefert, die der Größe und dem Vorzeichen zueinander senkrechter Koordinaten des Abstandes entsprechen, den der Auftreffpunkt des Referenzstrahls in der Detektorebene von einem Bezugspunkt in dieser aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß dem — primären — Referenzstrahl (R_p) auf dem Objekt an zwei zumindest virtuell in der Projektionsrichtung der Strahlungsquelle (S) im Abstand hintereinander befindlichen Meßstellen jeweils ein für die betreffende Meßstelle gesonderter zweiachsiger, optoelektronischer Positionsdetektor (1, 2; 10, 11; 23', 25') zugeordnet wird, und daß die relative Lage der Bezugsachse (BA) des Objekts bezüglich des Referenzstrahls (R_p) unter gleichzeitiger Heranziehung der von beiden Positionsdetektoren (1, 2; 10, 11; 23', 25') gelieferten Signale (S_x, S_y, S'_x, S'_y) mittels einer elektronischen Datenverarbeitungseinrichtung (3, 4), ggf. nach Parallelversatz und Gier- und Stampf-Winkelversatz und ggf. zusammen mit Korrekturwerten zu deren Beseitigung, errechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsdetektoren (1, 2; 10, 11; 23', 25') auf dem Objekt so angeordnet werden, daß die Verbindungslinie ihrer vorgegebenen Bezugspunkte (BP) zu der Bezugsachse (BA) des Objekts im wesentlichen parallel liegt bzw. diese vorgibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß von der Strahlungsquelle (S) unter einem spitzen Winkel zum primären Referenzstrahl (R_p) noch ein weiterer — sekundärer — Referenzstrahl (R_s) ausgesendet wird, wobei der spitze Winkel (α) so groß gewählt wird, daß auch der sekundäre Referenzstrahl (R_s) auf die Detektorebenen der beiden Positionsdetektoren (1, 2; 10, 11; 23', 25') auftrifft, und daß die von den beiden Positionsdetektoren gelieferten elektrischen Signale (S_x, S_y, S'_x, S'_y), die jeweils den Koordinaten ($x, y; x', y'$) des Abstandes entsprechen, den der jeweilige Auftreffpunkt (A_s, A'_s) des sekundären Referenzstrahls (R_s) in der Detektorebene von dem Bezugspunkt (BP) aufweist, zusammen mit den aus dem primären Referenzstrahl (R_p) gewonnenen Signalen ($S_x, S_y; S'_x, S'_y$) zur Errechnung der Entfernung der einen und/oder anderen Meßstelle von der Strahlungsquelle (S) sowie zur Errechnung der Roll-Winkelposition der Detektorebene bezüglich des primären Referenzstrahls (R_p) herangezogen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der primäre Referenzstrahl (R_p) und der sekundäre Referenzstrahl (R_s) von der Strahlungsquelle (S) im Wechsel ausgesendet werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von dem pri-

mären Referenzstrahl (R_p) und ggf. dem sekundären Referenzstrahl (R_s) mittels eines Strahlteilers (12; 22) Teilstrahlen gebildet und jeweils dem zugehörigen Positionsdetektor zugeführt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der primäre Referenzstrahl (R_p) und ggf. der sekundäre Referenzstrahl (R_s) auf die Detektorebene des zugehörigen Positionsdetektors ganz oder teilweise fokussiert wird/werden.

7. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer in einem räumlichen Bezugskoordinatensystem ortsfesten Strahlungsquelle, die mit geringer Divergenz einen Strahl einer elektromagnetischen Strahlung, insbesondere einen Laserstrahl, als Referenzstrahl zu einem Objekt sendet, das eine Bezugsachse aufweist, deren Lage bezüglich des Referenzstrahls festzustellen ist, und mit einer an diesem befestigten, zweiachsigen, optoelektronischen Positionsdetektoreinrichtung, die elektrische Signale liefert, die der Größe und dem Vorzeichen zueinander senkrechter Koordinaten des Abstandes entsprechen, den der Auftreffpunkt des Referenzstrahls in der Detektorebene von einem Bezugspunkt in dieser aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsdetektoreinrichtung zwei zweiachsige, optoelektronische Positionsdetektoren (1, 2; 10, 11; 23', 25') aufweist, die jeweils einer anderen von zwei Meßstellen auf dem Objekt zugeordnet sind, die sich zumindest virtuell in der Projektionsrichtung des Referenzstrahls (R_p) im Abstand hintereinander befinden, und daß den beiden Positionsdetektoren eine elektronische Datenverarbeitungseinrichtung (3, 4) zum Errechnen der relativen Lage der Bezugsachse (BA) des Objekts bezüglich der Mittelachse des Referenzstrahls (R_p) aus den von diesen gelieferten Signalen zugeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7 zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle dafür eingerichtet ist, zwei Referenzstrahlen (R_p, R_s) mit geringer Divergenz unter einem spitzen Winkel (α) zum Objekt auszusenden.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle dafür eingerichtet ist, die beiden Referenzstrahlen (R_p, R_s) wechselweise auszusenden.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9 zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Strahlengang des Referenzstrahls (R_p) bzw. der Referenzstrahlen (R_p, R_s) ein Strahlteiler (22) angeordnet ist.

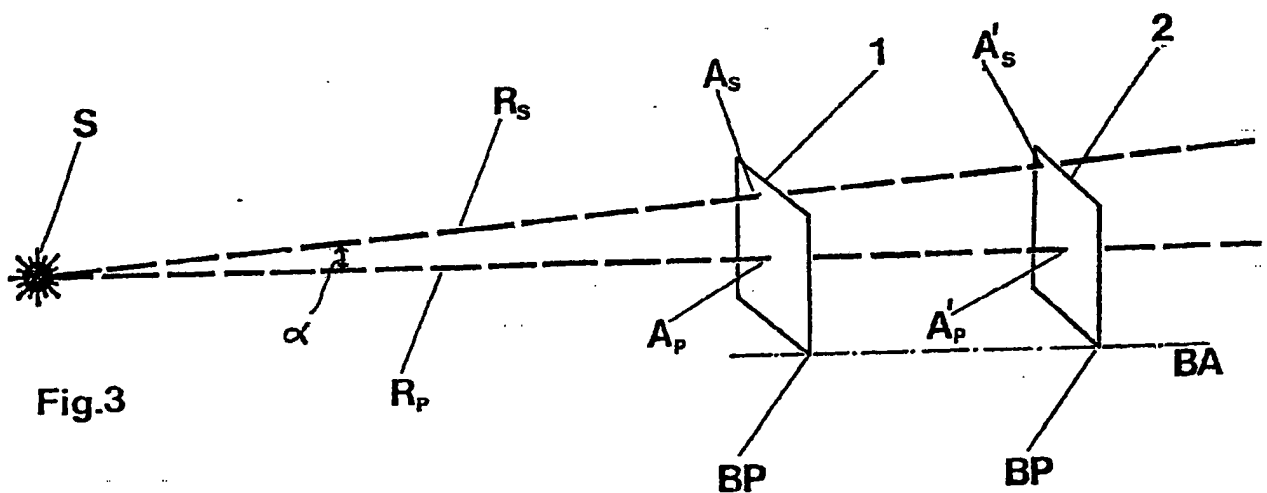
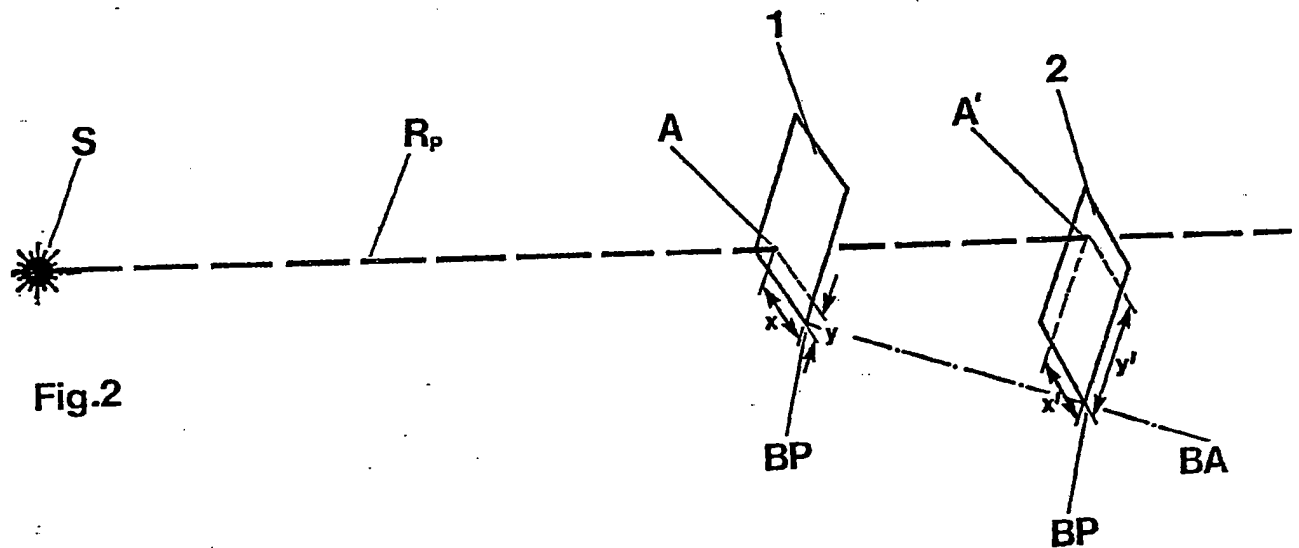
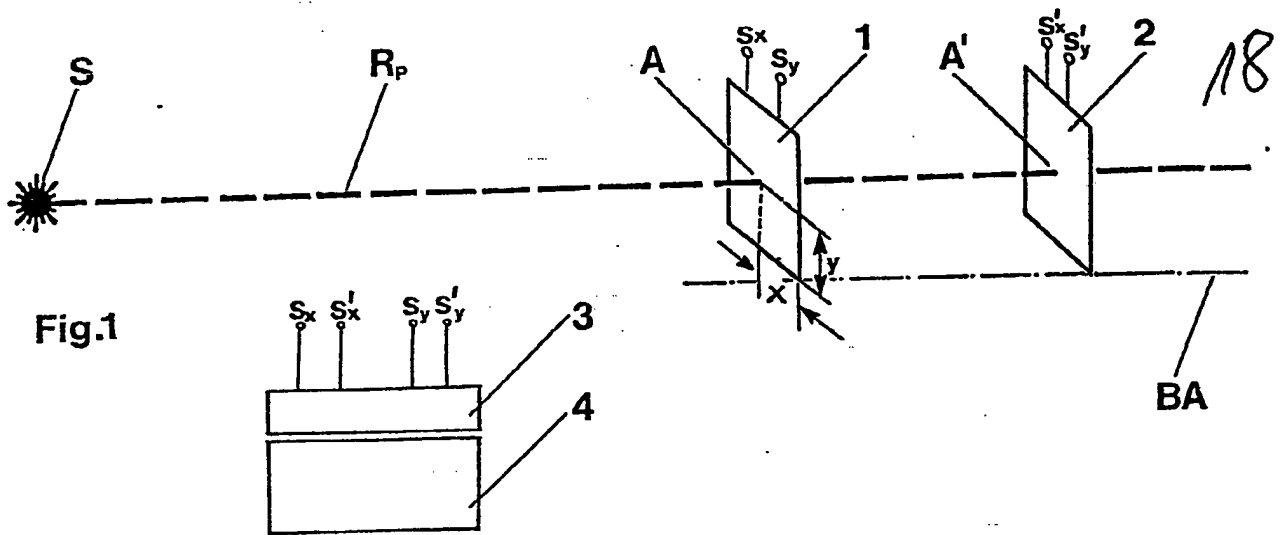
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der längere Teilstrahl zur Reduzierung der Abmessungen der Vorrichtung gespiegelt ist.

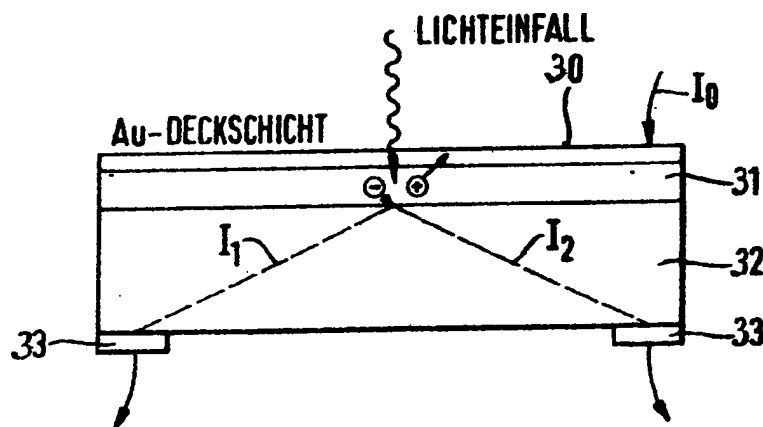
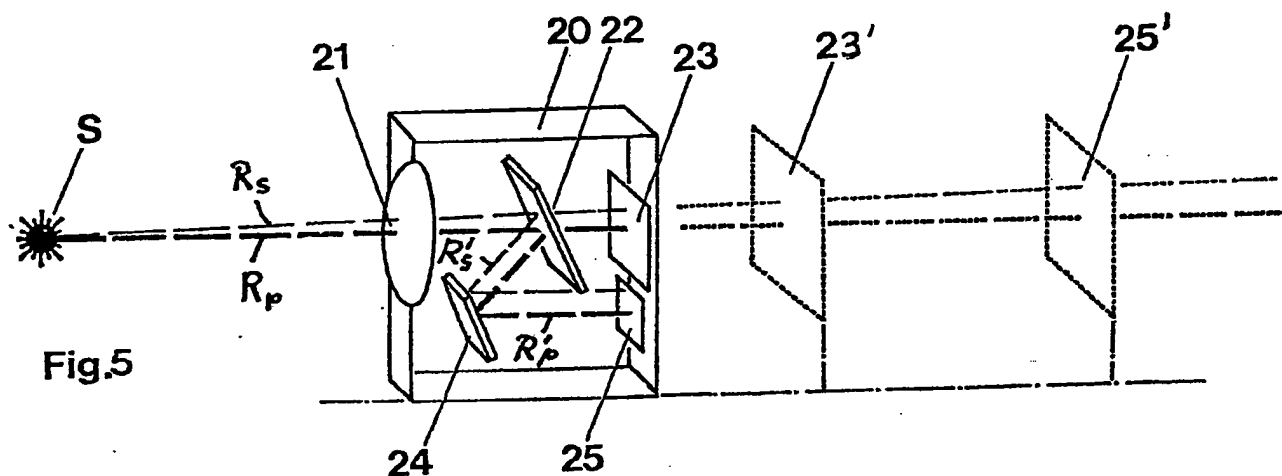
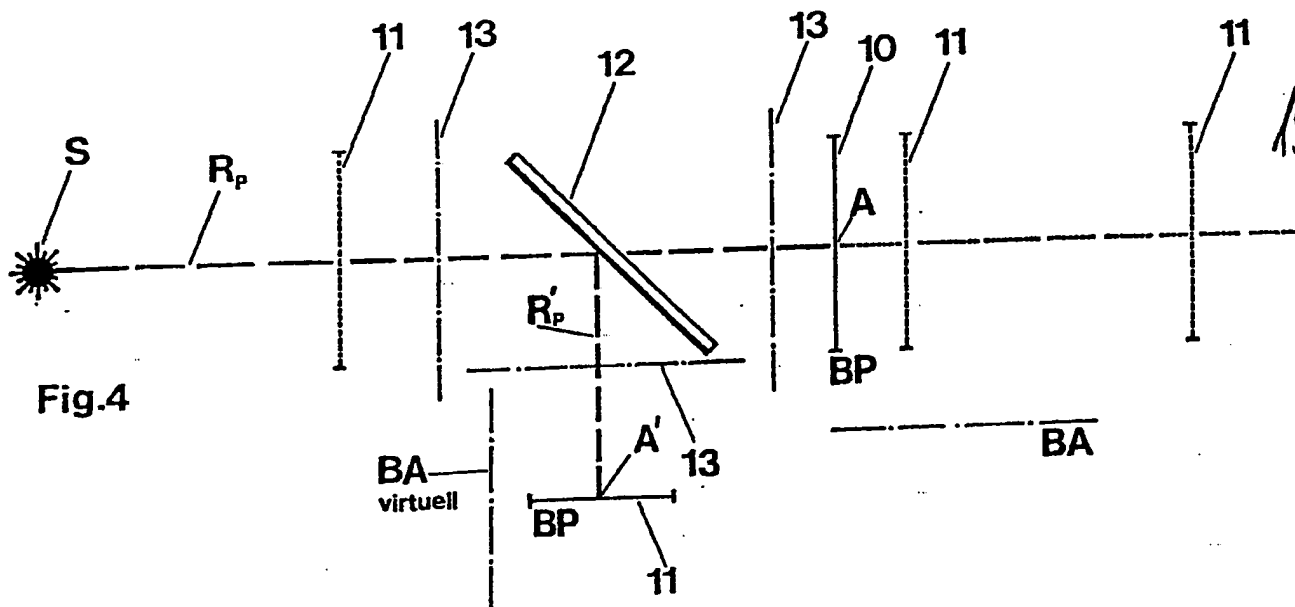
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß vor mindestens einem Positionsdetektor eine Sammelloptik (13; 21) angeordnet ist.

3814466

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

38 14 466
G 01 B 11/27
28. April 1988
9. November 1989





3814466

20*

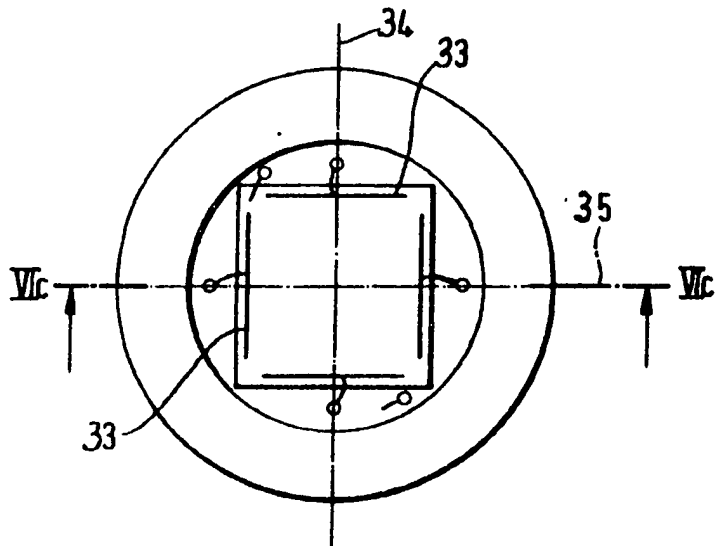


Fig. 6b

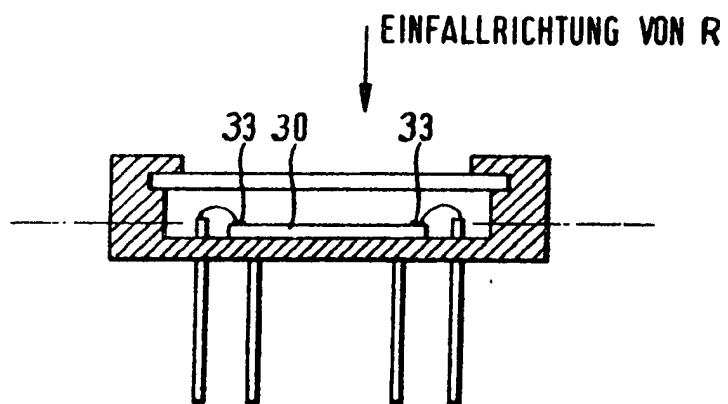


Fig. 6c